

СИСТЕМА МИНЕРАЛОГИИ: В ЧЁМ ЗАМЫСЕЛ ПРИРОДЫ?

Войтеховский Ю.Л.

Геологический институт КНЦ РАН, г. Анатумы, woyt@geoksc.apatity.ru

Один из результатов применения в минералогии современных физических методов, уже позволяющих изучать строение и свойства веществ в нанометровом диапазоне – ускоренное открытие новых минеральных видов. Сформировалось представление о том, что их число практически не ограничено – скорее из-за удобно подобранного определения, чем объективной природы объекта. Так или иначе, система минералогии становится всё более наполненной элементами спорного статуса. Неизбежно встаёт вопрос о «замыслах природы», то есть возможных логически непротиворечивых и физически допустимых интерпретациях системы минералогии как таковой.

Всякая классификация минеральных видов, которых минералогия знает более десятка, предлагала свой ответ на вопрос, но в рамках всё той же логической конструкции, порождаемой отношением эквивалентности минералов по химическому составу (Берцелиус, 1819) или составу и структуре (все классификации после 1912 г.). Но ведь есть и другие, возможно, более сложные логические конструкции – пространства толерантности и структуры, применимость которых в минералогии подтверждается их стихийным открытием (в виде очередных классификаций) в работах [Смирнова, 1979; Петров, Краснова, 2010; Кривовичев, Чарыкова, 2013]. Автор уверен в том, что концептуальный анализ системы минералогии, требующий пересмотра категории минерального вида, ещё предстоит.

Никакая естественная наука не может обойтись без систематизации объектов на стадии эмпирического обобщения. Параллельно развивающаяся теоретическая составляющая науки побуждает периодически пересматривать устройство системы. Минералогия – не исключение. Её общепринятые представления – классификации. Их много, они базируются на конституционном принципе с акцентом на структуре или химическом составе минералов. Но система минералов не обязана быть классификацией. Н.Л. Смирнова показала, что на уровне минеральных видов она может быть представлена как пространство толерантности с образующим отношением частичного сходства химического состава. По-видимому, наименее разработано представление о системе минералов как структуре, т.е. множестве элементов с тем или иным отношением порядка. О двух таких представлениях говорится далее.

Вспомним нововведение, заявленное в «Системе минералогии». В предисловии к т. I читаем: «Настоящее издание книги явилось по существу совершенно новой работой... Сделаны следующие коренные нововведения: ... новый способ рассмотрения минералов, образующих так называемые серии, заключающийся в описании серии как единого вида» [Дэна и др., 1951, с. 9]. «Минералы, обнаруживающие непрерывное изменение своих свойств с изменением состава, называются серией и описываются здесь таким же образом, как и вид. В таких случаях естественной минералогической единицей является серия, так как то или иное её произвольное разделение не даёт точного представления о частях серии. Плагиоклазы и шпинели представляют собой примеры серий» [там же, с. 13]. В предисловии к т. II видим: «В настоящей работе введено понимание минералов как фаз, которые изменяют свой состав в тех или иных естественных пределах, образуя серии, и в соответствии с этим изменяют и свои свойства. За естественную единицу при описании принята серия. И хотя такое единообразное рассмотрение отдельных видов, образующих серию, весьма эффективно в случае бинарных систем, однако сложность некоторых многокомпонентных систем заставляет считать целесообразным подразделение обширных серий на частные с обоснованно установленными границами состава и раздельное их описание. Эта трактовка считается особенно желательной, хотя она и не подходит в качестве способа представления, отвечающего требованиям описания для некоторых обычных и важных серий, например таких, как группа кальцита. В то же время отдельные описания сделаны так, чтобы подчеркнуть неразрывную связь между видами, заключёнными в серии... Описательная минералогия в настоящее время перегружена мелкими названиями, а интересы науки, без сомнения, будут лучше удовлетворены при сокращении количества названий и упрощении номенклатуры... Систематизация номенклатуры таким путём есть естественное выражение концепции изменчивости минерального состава, которая вытесняет старое понимание видов как определённых фаз в основном постоянного состава» [Дэна и др., 1953].

Сегодня наука обладает достаточными математическими средствами для эффективного описания

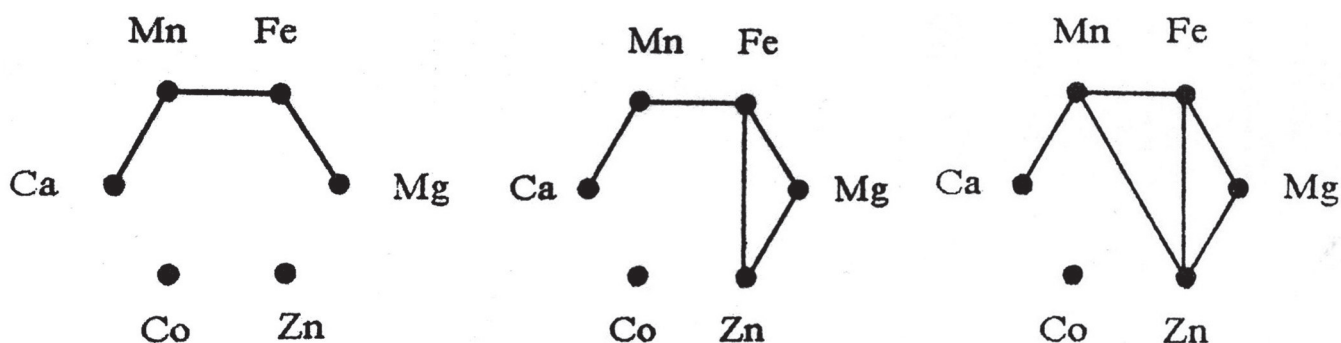


Рис. 1. Отношения смесимости в группе кальцита:

Ca – кальцит, Mn – родохрозит, Fe – сидерит, Mg – магнезит, Zn – смитсонит, Co – сферокобальтит

даже таких «сложных» минеральных серий как группа кальцита. По [Бетехтин, 1950; Костов, 1971; Берри и др., 1987; Эссен, 1987], природные твёрдые растворы не ограничены в парах кальцит-родохрозит, родохрозит-сидерит и сидерит-магнезит, что показано на рис. 1 (слева) в виде графа. Из сравнения размеров ионов предполагается [Дэна и др., 1953, с. 174-175] непрерывная смесимость в парах смитсонит-сидерит и смитсонит-магнезит (рис. 1, в центре), а по наблюдениям составов природных фаз – и в паре смитсонит-родохрозит (рис. 1, справа).

Аналогично, соотношения смесимости в группе шпинели по [Соколов, 1948] даны на рис. 2 (слева). В [Irvine, 1965] сообщается, что при экспериментальном синтезе выше 860 °C появляется непрерывный твёрдый раствор в паре магнетит-герцинит (рис. 2, в центре), а выше 1400 °C – в паре магнетит-хромит (рис. 2, справа). Минеральная серия шпинелидов естественно расширяется за счёт ганита ZnAl_2O_4 . Постепенно накапливаются данные о его твёрдых растворах с хромитом [Weiser, 1967; Осокин, 1979], шпинелью и герцинитом [Spry, 1986]. Сюда же можно включить и редкие бруногайерит GeFe_2O_4 и купрошпинель CuFe_2O_4 [Бонштедт-Куплетская, 1975].

Ещё более интересна серия природных гранатов. По данным приведенных выше авторов и [Соболев, 1964], соотношения смесимости в ней показаны на рис. 3. По-видимому, эта минеральная серия одна из наиболее сложных бинарными отношениями смесимости.

Из примеров ясно, что теоретико-графовое представление решает проблему анализа структур даже самых сложных минеральных серий, причём не только относительно смесимости в парах, но также в триадах и более сложных симплексах. Конвенциональные правила 50 % и 33.3 % [Никель, 1992, 1995], делящие минеральные серии на куски – «минеральные виды», представляются неудачными, уводящими минералогию от правильного решения фундаментальной проблемы. Естественная классификация минералов должна учитывать только естественные границы, автоматически выявляемые минеральными сериями. На уровне минеральных серий – по признаку частичного сходства их структур – система минералогии может быть представлена как метaprостранство толерантности. Приставка «мета» указывает на то, что здесь минеральные серии рассмотрены в графовом выражении, без вещественной подоплёки. Но главный вывод состоит в другом – эволюции природных минеральных серий в меняющихся физико-химических условиях представимы как разрывы рёбер и/или исчезновения вершин графов. Тогда система минералогии представима как полная (по формальному математическому основанию) эволюционная (по сути естественнонаучной интерпретации) структура с отношением нестрогого порядка [Шрёдер, 1971] по признаку вложения графов друг в друга.

Работа [Петров, Краснова, 2010] даёт пример ещё одного представления системы минералогии в качестве структуры с образующим отношением

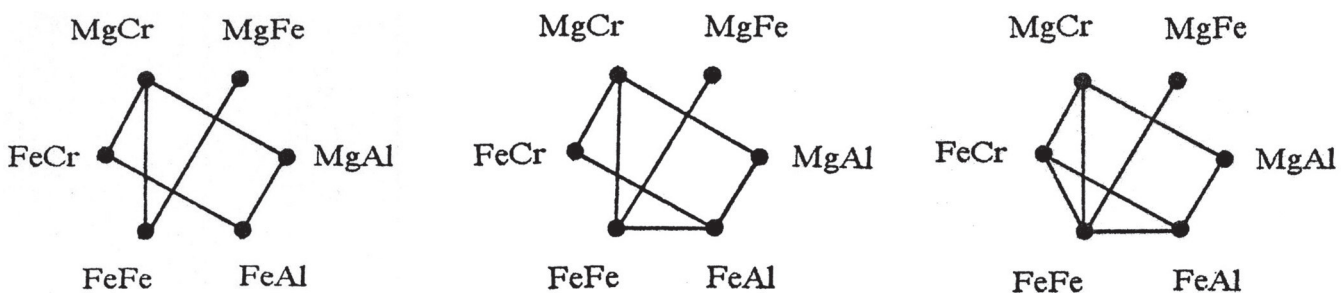


Рис. 2. Отношения смесимости в группе шпинели:

MgCr – пикрохромит, MgFe – магнезиоферрит, MgAl – шпинель, FeAl – герцинит, FeFe – магнетит, FeCr – хромит

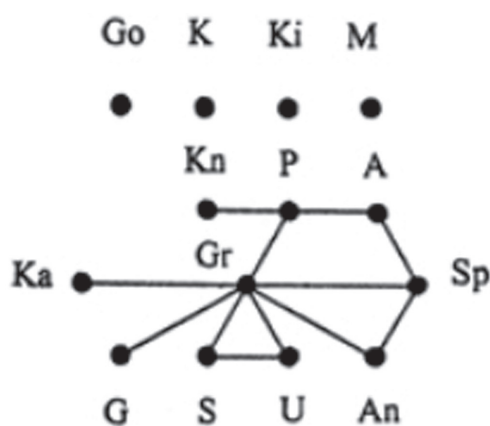


Рис. 3. А – алмаз, Ап – андрадит, Г – габсидит, Go – голдманит, Gr – грассулар, К – кальдерит, Ka – катодит, Ki – кимберит, Kn – кноррингит, М – меджорит, P – пироп, S – шорломит, Sp – спессартин, U – уваровит

лексикографического упорядочения на множестве ранговых формул химических составов минералов. Последние определены как «последовательности символов химических элементов, расположенных в порядке снижения их атомных содержаний в его (минерала – ЮВ) составе» [с. 5]. На первый взгляд – весьма формальное построение. Но заметим, что алфавитом здесь служит периодическая система элементов, что принципиально отличает R-каталог от минералогического словаря, составленного по орфографическому принципу.

Сказанное представляется важным. Нескончаемые дискуссии о том, что считать минеральным видом, ясно показывают неблагоприятное состояние дел в этом фундаментальном для минералогии вопросе. При всём уважении к профессионалам, умеющим найти в природе и изучить крошку редкого минерального вещества, нельзя не видеть, что формируется скепсис по отношению к новым «минеральным видам», коль скоро есть сомнение в том, что они представляют собой первоэлементы, кирпичики, островки естественной системы минералогии. Нельзя не видеть, что представления о ней становятся всё менее однозначными. Но это не означает утрату определённости. Все задействованные сегодня и будущие логические конструкции – классификации, пространства толерантности, структуры... – строго определяются на множествах минеральных видов и серий. Их вовлечение в систему минералогии предопределено её внутренней потребностью к всё более глубокому самопознанию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берри Л., Мейсон Б., Дитрих Р. Минералогия. М.: Мир, 1987. 592 с.
2. Бетехтин А.Г. Минералогия. М.: Госгеолтехиздат, 1950. 956 с.

3. Бонштедт-Куплетская Э.М. Новые минералы – члены изоморфных рядов, структурные аналоги известных минералов // Изоморфизм в минералах. М.: Наука. 1975. С. 15.
4. Дэна Дж.Д., Дэна Э.С., Пэлач Ч. и др. Система минералогии. Т. I, п/том 1: элементы, сульфиды, сульфосоли. М.: Изд-во иностр. лит., 1951. 608 с.
5. Дэна Дж.Д., Дэна Э.С., Пэлач Ч. и др. Система минералогии. Т. II, п/том 1: галоиды, карбонаты, нитраты, йодаты, бораты, сульфаты. М.: Изд-во иностр. лит., 1953. С. 7-8.
6. Костов И. Минералогия. М.: Мир, 1971. 584 с.
7. Кривовичев В.Г., Чарыкова М.В. Классификация минеральных систем. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2013. 196 с.
8. Никель Е.Х. Твердые растворы в номенклатуре минералов // Зап. ВМО. 1992. № 4. С. 89-92.
9. Никель Е.Х. Содержание понятия минерал // Зап. ВМО. 1995. № 4. С. 98-100.
10. Осокин А.С. Об акцессорных цинксодержащих хромитах // Новые данные по минералогии медно-никелевых и колчеданных руд Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1979. С. 89-96.
11. Петров Т.Г., Краснова Н.И. R-словарь-каталог химических составов минералов. СПб.: Наука, 2010. 150 с.
12. Смирнова Н.Л. О системе минералов. Уровни // Вестник МГУ. Сер. геол. 1979. № 2. С. 59-63.
13. Соболев Н.В. Парагенетические типы гранатов. М.: Наука, 1964. 218 с.
14. Соколов Г.А. Хромиты Урала, их состав, условия кристаллизации и закономерности распространения // Тр. ИГН АН СССР, сер. рудн. месторожд. Вып. 97. 1948. № 12. 128 с.
15. Шрейдер Ю.А. Равенство, сходство, порядок. М.: Наука, 1971. 255 с.
16. Эссен Э.Дж. Карбонатные твердые растворы и взаимная растворимость их конечных членов применительно к геологической термобарометрии // Карбонаты. Минералогия и химия. М.: Мир, 1987. С. 105-127.
17. Irvine T.N. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Pt 1. Theory // Can. J. Earth Sc. 1965. V 6-7. N 2. P 648-672.
18. Spry P.G., Scott S.D. The stability of zincian spinels in sulfide systems and their potential as exploration guides for metamorphosed massive sulfide deposits // Econ. Geol. 1986. V 81. P 1446-1463.
19. Weiser T. Zink- und Vanadium-fuerende Chromite von Outokumpu, Finland // Neues Jahrb. Miner. Monatsh. 1967. H 7-8. S 234-243.